

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-305034

(43)Date of publication of application : 22.11.1996

(51)Int.Cl.

G03F 7/20

G03F 7/207

H01L 21/027

(21)Application number : 07-135894

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 09.05.1995

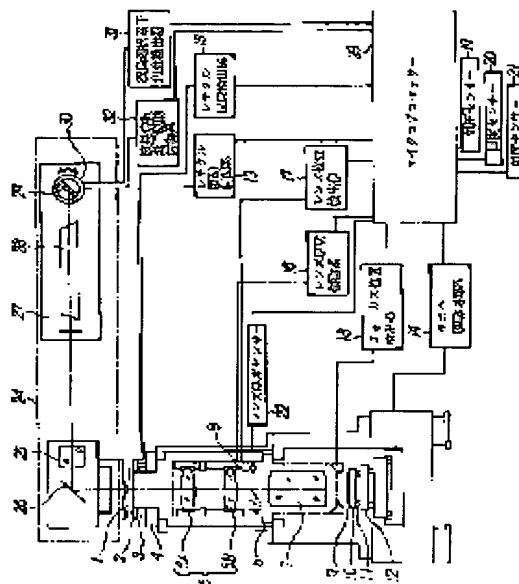
(72)Inventor : SHINONAGA HIROHIKO  
SATO HIROSHI

## (54) PROJECTION AND EXPOSURE DEVICE AND MANUFACTURE OF DEVICE USING SAME

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To photograph a pattern formed on the surface of a reticle on the surface of a wafer with high optical performance even when air pressure is fluctuated by correcting the daily fluctuation of the air pressure or the fluctuation of the optical performance corresponding to the air pressure of an installing place by using an air pressure measuring means or an adjustment mechanism.

**CONSTITUTION:** This device is provided with the air pressure sensor (air pressure measuring means) 19, a temperature sensor 20 and a humidity sensor 21 in order to detect the change of the air pressure, temperature and humidity around a photographing lens system 5. Besides, it is provided with a lens temperature sensor 22 in order to detect the temperature change caused by the light absorption of the lens system 5. Then, signals from the respective sensors 19-22 are inputted to a microprocessor 23. By changing the oscillation wavelength of luminous flux from an illumination system 24 by a wavelength varying means by using the signal from the measuring means 19 measuring the air pressure as the adjustment mechanism adjusting the change of the optical performance of a projection optical system caused by the change of the air pressure, the optical performance is adjusted when the pattern on the surface of a first substance is projected on the surface of a second substance by the projection optical system.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's  
decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-305034

(43)公開日 平成8年(1996)11月22日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
			7/207	H
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 C
				5 1 6 A
				5 1 6 F

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-135894

(22)出願日 平成7年(1995)5月9日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 篠永 浩彦

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

(72)発明者 佐藤 洋

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

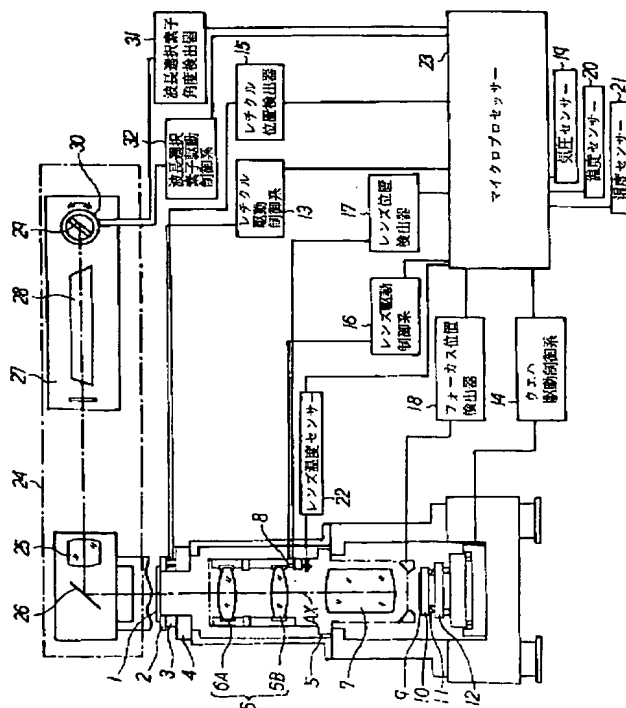
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

(57)【要約】

【目的】 気圧変動があってもレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に高い光学性能を有して投影することのできる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を得ること。

【構成】 第1物体のパターンを投影光学系により第2物体上に投影する装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する気圧検出手段と、前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段と、前記気圧検出手段の出力を受け、前記気圧の変化による前記投影光学系の確保の相対屈折率の変化を補正するように前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段とを有すること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 物体のパターンを投影光学系により第 2 物体上に投影する装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する気圧検出手段と、前記第 1 物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段と、前記気圧検出手段の出力を受け、前記気圧の変化による前記投影光学系の硝材の相対屈折率の変化を補正するように前記第 1 物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段とを有する投影露光装置。

【請求項 2】 前記第 1 物体のパターンを投影する時の投影倍率を調整する倍率調整手段を有することを特徴とする請求項 1 の投影露光装置。

【請求項 3】 前記倍率調整手段は、前記投影光学系の少なくとも一つのレンズを光軸方向に移動させるか又は／及び前記投影光学系と前記第 1 物体とを相対的に光軸方向に移動させる機構を備えることを特徴とする請求項 2 の投影露光装置。

【請求項 4】 前記投影光学系のレンズ間の少なくとも一つの空間を外気から遮断されており、前記倍率調整手段は、前記空間内の気体の圧力又は／及び前記空間内の気体の成分を調整する機構を備えることを特徴とする請求項 2 の投影露光装置。

【請求項 5】 前記投影光学系は単一の硝材より成るレンズ系を有していることを特徴とする請求項 1 の投影露光装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至請求項 5 の何れかの投影露光装置を用いてレチクルのデバイスのパターンを基板上に転写する段階を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法に関し、特に IC、LSI 等の半導体デバイスや CCD 等の撮像デバイス、そして液晶パネル等の表示デバイス等を製造する際にレチクル面上の電子回路パターンをウエハ面上に投影光学系により投影するときに環境変化に伴って変化するフォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、歪曲収差、そして投影倍率誤差等の光学性能を良好に補正し、高精度な投影パターン像が得られるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、IC、LSI 等の半導体デバイスの高集積化に対する要求に応じて、その高集積化がますます加速度を増している。マスク（レチクル）の回路パターン像を投影光学系により感光基板上に形成し、感光基板をステップアンドリピート方式で露光する縮小型の投影露光装置（ステッパー）においても解像度の向上の為に様々な改良がなされている。

【0003】レチクル面上のパターンをウエハ面上に縮

小投影する投影光学系の光学性能（結像倍率や結像性能）は環境変化、例えば気圧変化により種々と変化してくる。最近の高解像力が要望されている投影露光装置では、気圧の変化により発生する光学性能の誤差は大きな問題点となっており、この光学性能の誤差を補正して投影することが重要になっている。

【0004】本出願人は特開平 4 - 3 0 4 1 1 号公報において、照明系からの光束で照明された第 1 物体面上のパターンを投影光学系を介して第 2 物体面上に投影する際、該投影光学系の少なくとも一つのレンズ系を光軸方向に移動させるか又は／及び該投影光学系と該第 1 物体とを相対的に光軸方向に移動させるようにした駆動手段と、該照明系からの光束の発振波長を変化させる波長可変手段とを利用して、該第 1 物体面上のパターンを投影光学系により第 2 物体面上に投影する際の投影倍率と歪曲収差を調整した投影露光装置を提案している。

【0005】又、特開平 4 - 3 0 4 1 2 号公報において、照明系からの光束で照明された第 1 物体面上のパターンを投影光学系を介して第 2 物体面上に投影する際、該投影光学系のレンズ系中の少なくとも一つの空間を外気から遮断し、該空間内の気圧又は／及び該空間内の気体の成分等を調整する気圧調整手段と、該照明系からの光束の発振波長を変化させる波長可変手段とを利用して、該第 1 物体面上のパターンを投影光学系により第 2 物体面上に投影する際の投影倍率と歪曲収差を調整した投影露光装置を提案している。

【0006】投影光学系の光学性能のうち、投影倍率誤差と歪曲収差誤差は所望の格子点と投影パターンとの差として現れるものであり、電子回路パターンが形成されているレチクルとウエハを重ね合わせる際のマッティング精度に大きく影響を与える要素となっている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】最近の投影露光装置では、回路パターンの微細化と高集積化に伴って投影光学系の NA（レンズの開口数）や一度に投影露光できる範囲、所謂画面サイズが大きくなる傾向があり、例えば NA が 0.6 前後、画面サイズが  $\square 22\text{ mm}$  の投影光学系が使用されるようになってきている。このように投影光学系の NA と画面サイズが大きくなってくると気圧等の環境が変化したときの光学特性の変化として投影倍率、歪曲収差の他にも球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲等の変化量が無視できない量になってくる。

【0008】一般に気圧変化に対する投影光学系の収差の変化量は NA と画角に対応して大きくなる。例えば、NA が 0.6、画面サイズが  $\square 22\text{ mm}$  の投影光学系の場合、各収差の気圧変化に対する変化量は大きな値になり、ハーフミクロン以下の回路パターンを投影露光する今日の投影露光装置では結像性能に重大な影響を与える。

【0009】又、投影露光装置の組立、調整を行う場所

と実際に投影露光装置を使用する場所の標高差によっても気圧差が存在する。その気圧差は100mあたり11.4hpaにもなり、その差によってレンズ系間の空気の屈折率が変化する為、実際の結像状態は所望のものとは異なってくる。この為、投影露光装置を設置する場所によっては、必要な結像性能が得られなくなってくるという問題点があった。

【0010】このような問題点を解決する為に、従来は投影露光装置の設置予定場所の標高（即ち気圧）を考慮してその気圧により発生する光学性能の誤差を見積っておき、投影露光装置の設置時に所定の像性能が得られるように製造時に調整を加えるようにしていた。

【0011】ところが、この方法では投影光学系を各々の使用場所の標高に対応して各光学性能の標準状態からのオフセットを設定して調整を行う必要があり、調整管理が煩雑になるだけでなく、使用状態での性能確認が組立調整場所で行えないという問題点があった。

【0012】本出願人は、特開昭63-302519号公報で、この問題をうまく解消し得る投影露光装置を提案している。しかしながら、気圧変動による光学性能の変動を、より精度良く補正できる投影露光装置が望まれている。

【0013】本発明は、レチクル面上のパターンを投影光学系によりウェハ面上に投影する際、日常の気圧変動や設置場所の大気圧に対応する光学性能の変動を良好に補正し、高い光学性能が容易に得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決する為の手段】本発明の投影露光装置は、第1物体のパターンを投影光学系により第2物体上に投影する装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する気圧検出手段と、前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段と、前記気圧検出手段の出力を受け、前記気圧の変化による前記投影光学系の硝材の相対屈折率の変化を補正するように前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段とを有することを特徴としている。

【0015】特に、

(イ) 前記第1物体のパターンを投影する時の投影倍率を調整する倍率調整手段を有すること。

(ロ) 前記倍率調整手段は、前記投影光学系の少なくとも一つのレンズを光軸方向に移動させるか又は／及び前記投影光学系と前記第1物体とを相対的に光軸方向に移動させる機構を備えること。

(ハ) 前記投影光学系のレンズ間の少なくとも一つの空間を外気から遮断されており、前記倍率調整手段は、前記空間内の気体の圧力又は／及び前記空間内の気体の成分を調整する機構を備えること。

(ニ) 前記投影光学系は単一の硝材より成るレンズ系を

有していること。

等の特徴としている。

【0016】本発明のデバイスの製造方法は、前述の各項に記載した投影露光装置を用いていることを特徴としている。

【0017】

【実施例】図1は本発明の投影露光装置の実施例1を示す概略図である。本実施例は気圧変化による投影光学系の光学性能の変化を調整する調整機構として気圧を測定する気圧測定手段からの信号を用いて波長可変手段により照明系からの光束の発振波長を変化させることにより該第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影する際の光学性能を調整したことを特徴としている。

【0018】この他、投影光学系の一部のレンズ系を光軸方向に移動させるか、又は／及び該投影光学系と該第1物体面とを相対的に光軸方向に移動させるようにしていることを特徴としている。

【0019】特に、本発明では光学性能としてフォーカス位置、投影倍率、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲と歪曲収差を良好に補正していることを特徴としている。

【0020】図1において1は回路パターンが描かれた第1物体としてのレチクル、2はレチクル1を吸着保持するレチクルチャック、3はレチクルチャック2に取り付けたレチクル駆動装置、4はレチクル駆動装置3を支持するレチクルステージ、5は縮小型の投影レンズ系（投影光学系）、6A、6Bは各々投影レンズ系5を構成する部分レンズ系のフィールドレンズである（以下「フィールドレンズ6A、フィールドレンズ6B」と称す。）。

【0021】7は単一の硝材より成るレンズ系であり、投影レンズ系5の一部を構成している。8はレンズ駆動装置であり、フィールドレンズ6Aを投影レンズ系5の光軸AX方向に移動させている。9はレジスト等の感光剤が塗布された第2物体としてのウェハ、10はウェハ9を吸着保持するウェハチャック、11はウェハチャック10に取り付けたウェハ駆動装置である。

【0022】レチクル駆動装置3とウェハ駆動装置11は各々、例えば圧電素子等から成り、レチクル駆動装置3によりレチクルチャック2を投影レンズ系5の光軸AX方向に変位せしめてレチクル1を光軸AX方向に移動させ、ウェハ駆動装置11によりウェハチャック10を投影レンズ系5の光軸AX方向に変位せしめてウェハ9を光軸AX方向に移動させる。12はウェハ駆動装置11を支持し、投影レンズ系5の光軸AXに直交する面内で移動可能なウェハステージを示す。

【0023】一方、レンズ駆動装置8は空気圧や圧電素子等を利用してフィールドレンズ6Aを投影レンズ系5の光軸AX方向に移動させるものである。レンズ駆動装

置 8 の具体的な構造は本件出願人による特開昭 6 2 - 3 2 6 1 3 号公報に開示されているのでここでは説明を省略する。

【0024】レチクル駆動装置 3 によるレチクルチャック 2 の駆動はレチクル駆動制御系 1 3 からの信号に基づいて行われ、このときレチクル 1 の光軸 A X 方向の位置がレチクル位置検出器 1 5 により検出される。又、同様にレンズ駆動装置 8 によるフィールドレンズ 6 A の駆動はレンズ駆動制御系 1 6 から信号に基づいて行われ、このときフィールドレンズ 6 A の光軸 A X 方向の位置がレンズ位置検出器 1 7 により検出される。レチクル位置検出器 1 5 とレンズ位置検出器 1 7 は光学式エンコーダ等の各種の位置検出器で構成することができる。

【0025】又、ウエハ駆動装置 1 1 によるウエハチャック 1 0 の駆動はウエハ駆動制御系 1 4 からの信号に基づいて行われ、このときウエハ 9 ( の表面 ) の光軸 A X 方向の位置はフォーカス検出器 1 8 により検出される。フォーカス検出器 1 8 は、この種の投影露光装置で従来から使用されてきた、例えばエアークセンサーや光学式センサーで構成されている。レチクル位置検出器 1 5 , レンズ位置検出器 1 7 及びフォーカス位置検出器 1 8 からの各信号はマイクロプロセッサ 2 3 へ入力される。

【0026】一方、投影レンズ系 5 の周囲の気圧、気温、温度の変化を検出する為に気圧センサー ( 気圧測定手段 ) 1 9 , 温度センサー 2 0 , 湿度センサー 2 1 が設けられ、又投影レンズ系 5 の光吸収による温度変化を検出する為にレンズ温度センサー 2 2 が設けられており、これら各種センサー 1 9 , 2 0 , 2 1 , 2 2 からの信号もマイクロプロセッサ 2 3 へ入力される。又レチクル駆動制御系 1 3 , レンズ駆動制御系 1 6 及びウエハ駆動制御系 1 4 はマイクロプロセッサ 2 3 により制御される。以上のうち各要素 1 3 , 1 4 , 1 5 , 1 6 , 1 7 は駆動手段の一部を構成している。

【0027】2 4 はレチクル 1 の回路パターンを均一な照度で照明する照明系を示し、照明系 2 4 は発振波長  $\lambda = 248.4 \text{ nm}$  のレーザー光を放射する Kr F エキシマレーザーを、露光用の光源として具備している。照明系 2 4 からのレーザー光はレチクル 1 と投影レンズ系 5 を介してウエハ 9 上に向けられ、ウエハ 9 上にレチクル 1 の回路パターン像が縮小投影されることになる。

【0028】本実施例では遠紫外域の波長を有するレーザー光で投影露光を行う為に投影レンズ系 5 を構成する各レンズを全て波長  $\lambda = 248.4 \text{ nm}$  の光に対して高い透過率を備えた合成石英 (  $\text{SiO}_2$  ) で製造している。

【0029】次に本実施例における照明系 2 4 の各要素について説明すると、2 7 はレーザー光源であり、後述する波長選択素子駆動制御系 3 2 により発振波長が制御された光束を放射している。2 5 はコンデンサーレンズであり、レーザー光源 2 7 からの光束をミラー 2 6 で反

射させてレチクル 1 面上を均一照明している。

【0030】レーザー光源 2 7 はレーザー共振器 2 8 と波長選択素子 2 9 を有している。3 0 は波長選択素子駆動装置、3 1 は波長選択素子角度検出器、3 2 は波長選択素子駆動制御系であり、これらの各要素は波長可変手段の一要素を構成している。

【0031】図 2 は図 1 のレーザー光源 2 7 の要部概略図である。波長選択素子 2 9 はプリズム、グレーティング、エタロン等を使用することにより波長帯域の狭帯域化を可能としている。同時にプリズム後の反射鏡、グレーティング、エタロンの角度を変えることによってレーザー共振器の本来の波長帯域範囲内で波長を変えることが可能である。

【0032】波長選択素子駆動装置 3 0 はステップモーターあるいは圧電素子等から成り、波長選択素子駆動制御系 3 2 からの信号に基づいて素子 2 9 を駆動する。このとき波長選択素子 2 9 の角度が波長選択素子角度検出器 3 1 により検出される。波長選択素子角度検出器 3 1 は、例えば光学式エンコーダ等の各種角度検出器で構成できる。波長選択素子角度検出器 3 1 からの信号はマイクロプロセッサ 2 3 へ入力される。又波長選択素子駆動制御系 3 2 はマイクロプロセッサ 2 3 により制御される。

【0033】図 3 は図 1 の投影レンズ系 5 の具体的なレンズ構成のレンズ断面図である。同図においてはレチクル 1 とウエハ 9 の間に、符号 G 1 ~ G 1 7 で示される 1 7 枚のレンズが光軸 A X に沿って配列されて投影レンズ系 5 が構成されている。

【0034】図 3 に示す投影レンズ系のレンズデータを〈表 - 1〉に示す。〈表 - 1〉中、 $R_i$  ( $i = 1 \sim 34$ ) はレチクル 1 側から順に数えて第  $i$  番目の面の曲率半径 ( mm ) を、 $D_i$  はレチクル 1 側から順に数えて第  $i$  番目と第  $i + 1$  番目の面間の軸上肉厚又は軸上空気間隔 ( mm ) を、 $N_i$  ( $i = 1 \sim 17$ ) はレンズ G  $i$  ( $i = 1 \sim 17$ ) の屈折率を示す。又、S 1 はレチクル 1 の回路パターン面とレンズ G 1 のレチクル 1 側のレンズ面との間の軸上空気間隔を、S 2 はレンズ G 1 7 のウエハ 9 側のレンズ面とウエハ 9 表面との間の軸上空気間隔を示す。

【0035】本実施例の投影レンズ系 5 は NA が 0.45、画面サイズが  $\square 17 \text{ mm}$  の例である。

【0036】この例において、例えば気圧変化が 30 hPa のときの投影レンズ系の像点のフォーカス位置の変化に伴うシフト量  $\Delta f$  ( 以下「フォーカス位置変化量  $\Delta f$ 」と称す ) , 球面収差の変化に伴うシフト量  $\Delta S_A$  ( 以下「球面収差変化量  $\Delta S_A$ 」と称す ) , 像面の像高 12 mm の位置における像点のコマ収差の変化量に伴うシフト量  $\Delta C_M$  ( 以下「コマ収差変化量  $\Delta C_M$ 」と称す ) , 非点収差の変化に伴うシフト量  $\Delta A_S$  ( 以下「非点収差変化量  $\Delta A_S$ 」と称す ) , メリディオナル方向像

面湾曲の変化に伴うシフト量 $\Delta M$ （以下「メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ 」と称す）、サジタル方向像面湾曲の変化に伴うシフト量 $\Delta S$ （以下「サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ 」と称す）、対称歪曲収差の投影倍率の変化に伴う変化量（像高12mmにおける像高の移動量） $\Delta Y$ （以下「対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ 」と称す）とする。

【0037】このときの、これらの光学特性の変化量は、

フォーカス位置変化量 $\Delta f$ ：5.05 $\mu\text{m}$

球面収差変化量 $\Delta SA$ ：0.286 $\lambda$

コマ収差変化量 $\Delta CM$ ：0.120 $\lambda$

非点収差変化量 $\Delta AS$ ：16nm

メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ ：49nm

サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ ：16nm

対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ ：140nm

となる。本実施例ではこのような気圧変化があったときの投影光学系の光学性能を次のようにして補正している。

【0038】即ち、気圧の変動によって投影光学系5の光学性能が変化するが、本実施例では照明系24からの発振波長 $\lambda$ を変数として波長可変手段で調整することにより投影光学系5のフォーカス位置、投影倍率、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差等の光学性能を調整するようにしている。以下、その原理について説明する。

【0039】今、気圧を変数 $X$ とし、その変化量を $\Delta X$ とする。このとき図1の投影レンズ系のフォーカス位置変化量 $\Delta f$ 、球面収差変化量 $\Delta SA$ 、コマ収差変化量 $\Delta CM$ 、非点収差変化量 $\Delta AS$ 、メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ 、サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ 、対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ は各々次式で表すことができる。

【0040】

【数1】

$$\left. \begin{aligned} \Delta f &= \Delta f_X (\Delta X) \\ \Delta SA &= \Delta SA_X (\Delta X) \\ \Delta CM &= \Delta CM_X (\Delta X) \\ \Delta AS &= \Delta AS_X (\Delta X) \\ \Delta M &= \Delta M_X (\Delta X) \\ \Delta S &= \Delta S_X (\Delta X) \\ \Delta Y &= \Delta Y_X (\Delta X) \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

ここで $\Delta f_X$ 、 $\Delta SA_X$ 、 $\Delta CM_X$ 、 $\Delta AS_X$ 、 $\Delta M_X$ 、 $\Delta S_X$ 、 $\Delta Y_X$ は $\Delta X$ から算出されるレンズと空気との間の相対屈折率（屈折率比）の変化量から決まる、 $\Delta X$ を変数とする関数である。

【0041】又、発振波長 $\lambda$ を変数とし、その変化量を $\Delta \lambda$ とする。このとき図1のレンズ系の（1）式と同様のフォーカス位置変化量 $\Delta f$ 、球面収差変化量 $\Delta SA$ 、コマ収差変化量 $\Delta CM$ 、非点収差変化量 $\Delta AS$ 、メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ 、サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ 、対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ は各々次式で表すことができる。

【0042】

【数2】

$$\left. \begin{aligned} \Delta f &= \Delta f_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta SA &= \Delta SA_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta CM &= \Delta CM_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta AS &= \Delta AS_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta M &= \Delta M_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta S &= \Delta S_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta Y &= \Delta Y_\lambda (\Delta \lambda) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

ここで $\Delta f_\lambda$ 、 $\Delta SA_\lambda$ 、 $\Delta CM_\lambda$ 、 $\Delta AS_\lambda$ 、 $\Delta M_\lambda$ 、 $\Delta S_\lambda$ 、 $\Delta Y_\lambda$ はレンズと空気との間の相対屈折率を $\Delta \lambda$ により変化させることから算出される、 $\Delta \lambda$ を変数とする関数である。

【0043】以上より気圧が $\Delta X$ 変化したときにフォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、歪曲収差と投影倍率を補正する波長の変化量 $\Delta \lambda'$ は（1）、

（2）両式より、次の式で与えられる。

【0044】

【数3】

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta \lambda' &= -\Delta f_{\lambda}^{-1} (\Delta f_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta S A_{\lambda}^{-1} (\Delta S A_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta C M_{\lambda}^{-1} (\Delta C M_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta A S_{\lambda}^{-1} (\Delta A S_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta M_{\lambda}^{-1} (\Delta M_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta S_{\lambda}^{-1} (\Delta S_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta Y_{\lambda}^{-1} (\Delta Y_X (\Delta X))
 \end{aligned} \right\} \dots\dots (3)$$

(3) 式において (1) 式の  $\Delta f_X$ ,  $\Delta S A_X$ ,  $\Delta C M_X$ ,  $\Delta A S_X$ ,  $\Delta M_X$ ,  $\Delta S_X$ ,  $\Delta Y_X$  と、(2) 式の  $\Delta f_{\lambda}$ ,  $\Delta S A_{\lambda}$ ,  $\Delta C M_{\lambda}$ ,  $\Delta A S_{\lambda}$ ,  $\Delta M_{\lambda}$ ,  $\Delta S_{\lambda}$ ,  $\Delta Y_{\lambda}$  は全てレンズと空気との相対屈折率により決まる関数であるから、ここで得られた  $\Delta \lambda'$  は気圧の変化によって生じた相対屈折率の変化分 (屈折率比の誤差) を補正するような量である。

【0045】結局  $\Delta \lambda'$  は相対屈折率 (屈折率比) を基準値に補正する量であるから、一意に定めることが可能であり、フォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差、投影倍率を同時に補正することが可能となる。

【0046】次に図 1 に示す投影露光装置において具体的にレチクル 1 面上のパターンをウエハ 9 面上に投影する際のフォーカス位置誤差、球面収差誤差、コマ収差誤差、非点収差誤差、像面湾曲誤差、歪曲収差誤差と投影倍率誤差の補正方法について説明する。

【0047】マイクロプロセッサ 23 はそのメモリ内に気圧センサー 19 の周囲気圧計測値より投影レンズ系 5 のレンズ系間の空気の相対屈折率変化量を求める為の計算式がプログラムされており、各々の計算式は気圧の予め決めた基準値からの変動量に変数となっている。

【0048】又、このメモリには上述の計算式 (3) もプログラムされており、気圧の基準値からの変化量の値  $\Delta X$  を計算式 (3) に代入することにより、変数の変化させるべき量  $\Delta \lambda'$  を求める。尚、 $\Delta \lambda'$  の値を気圧変化に基づいて求める計算式はシミュレーションによって導出することができる。

【0049】一方、波長  $\lambda$  の検出器である波長選択素子角度検出器 31 からの変数  $\lambda$  の設定状態に対応した信号がマイクロプロセッサ 23 へ入力される。マイクロプロセッサ 23 は変数  $\lambda$  の変化させるべき量  $\Delta \lambda'$  に対応する信号を変数  $\lambda$  の駆動制御系である波長選択素子駆動制御系 32 へ入力する。そして波長選択素子駆動制御系 32 が波長選択素子駆動制御装置 30 に所定の制御信号を与え、変数  $\lambda$  の変化させるべき量  $\Delta \lambda'$  の駆動が行われる。この変数  $\Delta \lambda'$  の駆動により投影レンズ系 5 の周囲の気圧の変動に基づくパターン像のフォーカス位置誤差、球面収差誤差、コマ収差誤差、非点収差誤差、像面湾曲誤差、歪曲収差誤差と投影倍率誤差が補正される。

【0050】本実施例においては、まず投影光学系の組

立・調整場所の基準気圧と露光光源の基準波長に対し、良好な像性能となるよう組立・調整を行った後、出荷し、装置の使用場所に設置した際に組立・調整場所との標高差に対応する気圧差に基づいて露光波長を変化させ、使用場所における基準波長として設定することで標高差による変化を良好に補正するようにしている。

【0051】次に日常の気圧変動に対応する為に処理すべきウエハが投影露光装置に搬入される度に気圧を測定し、この測定結果に基づき投影露光波長を変化させて投影露光を行うようにすることで、日常の気圧変動に対して投影光学系の像性能が常に良好に保たれるようにしている。

【0052】以上に加えて、この投影露光装置は上述の構成とは独立にプロセス間での倍率差を補正したり、プロセス間で異なった装置を使用した場合等に起きる装置間の倍率誤差を補正する為の投影倍率の調整機構を有している。

【0053】投影倍率の調整手段としては図 1 に示すようにレチクル 1 又は投影レンズ系 5 内のフィールドレンズ 6 を移動させるようにした駆動機構 (レチクル駆動装置 3, レンズ駆動装置 8) を用いている。

【0054】この場合、図 1 に示すフィールドレンズ 6 は 1 枚に限らず複数のレンズより構成しても良い。このように気圧変動による像性能の補正機能の他に投影露光倍率の補正機構を設けているのは、前記したようにプロセス間で発生する倍率差や各プロセス間で異なった装置を用いた場合に発生する装置間での投影倍率誤差等を補正する為のもので、倍率誤差補正機能を設定する箇所として適度な倍率変化を有し、他収差への影響が小さいところをシミュレーション等により選択して設定すると好都合である。

【0055】又、投影レンズ系 5 によるパターン像のフォーカス位置は投影レンズ系 5 の周囲の気温、湿度及び投影レンズ系 5 の温度に依存して変化し、これに加えて上述の投影倍率の補正手段の設定状態にも依存して変化する。

【0056】従って本実施例ではこれらの変動要因に基づいて投影レンズ系 5 のフォーカス位置変動量を求める為の計算式をマイクロプロセッサ 23 のメモリ内にプログラムし、この計算式に基づいてフォーカス位置を正確に把握するようにしている。

【0057】更にマイクロプロセッサ 23 は波長  $\lambda$  の

検出器である波長選択素子角度検出器 3 1, 気圧センサー 1 9, 温度センサー 2 0, 湿度センサー 2 1, 及びレンズ温度センサー 2 2 からの信号に基づいて投影レンズ系 5 によるパターン像のフォーカス位置を検出し、フォーカス位置検出器 1 8 からのウエハ 9 (の表面) の位置に応じた信号に基づいてウエハ 9 がフォーカス位置に位置決めされるようにウエハ駆動制御系 1 3 を制御する。ウエハ駆動制御系 1 3 は所定の信号をウエハ駆動装置 1 1 に与え、ウエハ駆動装置 1 1 によりウエハ 9 を光軸 A X 方向に移動させてパターン像のフォーカス位置にウエハ 9 を位置づけている。

【0058】以上に述べた動作で周囲の気圧の変化に対してフォーカス位置, 球面収差, コマ収差, 非点収差, 像面湾曲, 歪曲収差と投影倍率を基準となる気圧で設定した値に補正し、所望の良好なパターン像を得ている。ついでパターン像の投影倍率を前記した倍率調整手段により前工程で形成されたパターンの倍率に補正することにより前工程でウエハ 9 上に形成されたパターンと投影露光すべきパターン像とを正確に重ね合わせている。

【0059】図 4 は本発明の投影露光装置の実施例 2 の要部概略図である。本実施例では図 1 の実施例 1 のレチクルやフィールドレンズを駆動する替わりに、投影光学系の光学性能を調整する調整機構として該投影光学系のレンズ系の少なくとも 1 つの空間を外気から遮断し、該空間内の気圧又は気体の成分等を調整するようにした点が異なり、その他の構成は基本的に同じである。図中、図 1 で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0060】次に本実施例の構成上の特徴について図 1 の構成と異なる点を中心に説明する。図 4 において 3 3 は外気から遮断されたレンズ系中の空間である。空間 3 3 には該空間 3 3 内の圧力 (気圧) を計測する為の圧力センサー (気圧測定手段) 3 7 と空間 3 3 内の圧力を制御する為の圧力制御装置 3 4 が連結されている。そして圧力制御装置 3 4 にはフィルタ 3 6 A を通して加圧供給

器 3 6 B から定常的に一定の圧力が供給され、又排気装置 3 5 により必要に応じて排気している。空間 3 3 内の圧力を検出する圧力センサー 3 7 からの信号もマイクロプロセッサ 2 3 へ入力されている。これらの各要素 3 4, 3 5, 3 7 は気圧調整手段の一部を構成している。

【0061】本実施例では投影光学系の光学性能の調整を図 4 に示すように投影レンズ系 5 において少なくとも 1 つの空間を外気から遮断して外気から遮断した空間 3 3 を設け、外気から遮断した空間 3 3 内の気圧又は気体成分を調整する調整機構 (圧力制御装置 3 4) を用いて行っている。

【0062】この場合、図 4 に示す外気から遮断した空間 3 3 内の圧力を変化させて空気の屈折率を制御する代わりに空間内に  $N_2$ ,  $CO_2$  等の気体を封入したり、又は複数の気体を混合し、分圧を制御しても良い。

【0063】更に図 4 において外気から遮断された空間を複数個、又は複数の空間を連結して、該空間内の気圧等を制御するようにしても前述と同様の効果を得ることができる。又光学性能の調整手段として図 1 のレチクル又は投影レンズ系 5 内のフィールドレンズ 6 を移動させるようにした駆動装置 (レチクル駆動装置 3, レンズ駆動装置 8) を用いる方法と、図 4 の投影レンズ系 5 において少なくとも 1 つの空間を外気から遮断して外気から遮断した空間 3 3 を設け、外気から遮断した空間 3 3 内の気圧又は気体成分を調整する装置 (圧力制御装置 3 7) を用いる方法を組み合わせて行っても良い。両方法を組み合わせて用いる場合、計算式は複雑になるが、変数の駆動量に限界がある場合に特に有効である。

【0064】本発明において投影光学系の構成を単一硝材としているが、必ずしも 100% 単一硝材で構成しなくても良い。一部を他硝材で構成して本発明と同様の補正を行い、補正誤差を許容値に収めるように設定することも可能である。

【0065】

【表 1】



〈表-1〉

			S 1:	120.00000	
G 1	R 1:	4288.31660	D 1:	20.00000	N 1: 1.50841
	R 2:	-194.67943	D 2:	12.50000	
G 2	R 3:	316.51971	D 3:	17.65000	N 2: 1.50841
	R 4:	-645.60624	D 4:	0.65000	
G 3	R 5:	159.56222	D 5:	9.00000	N 3: 1.50841
	R 6:	106.44033	D 6:	144.25282	
G 4	R 7:	-262.91712	D 7:	9.60000	N 4: 1.50841
	R 8:	-283.21210	D 8:	1.93700	
G 5	R 9:	-261.37159	D 9:	8.00000	N 5: 1.50841
	R10:	75.51789	D10:	19.25000	
G 6	R11:	-85.44995	D11:	8.00000	N 6: 1.50841
	R12:	478.74733	D12:	31.80619	
G 7	R13:	-212.80570	D13:	25.77500	N 7: 1.50841
	R14:	-140.88403	D14:	1.00000	
G 8	R15:	476.10689	D15:	28.80000	N 8: 1.50841
	R16:	-175.80836	D16:	1.20000	
G 9	R17:	191.89002	D17:	26.50000	N 9: 1.50841
	R18:	-376.32283	D18:	1.00000	
G10	R19:	195.90907	D19:	20.00000	N10: 1.50841
	R20:	728.48554	D20:	2.00000	
G11	R21:	199.33045	D21:	29.77500	N11: 1.50841
	R22:	73.28895	D22:	44.25251	
G12	R23:	-97.77667	D23:	14.40000	N12: 1.50841
	R24:	-167.01740	D24:	47.13922	
G13	R25:	-60.37811	D25:	24.00000	N13: 1.50841
	R26:	-74.57920	D26:	1.20000	
G14	R27:	-1642.28154	D27:	23.00000	N14: 1.50841
	R28:	-229.79037	D28:	1.20000	
G15	R29:	310.70111	D29:	23.00000	N15: 1.50841
	R30:	-498.20086	D30:	1.20000	
G16	R31:	152.70093	D31:	22.20000	N16: 1.50841
	R32:	2145.05915	D32:	1.20000	
G17	R33:	118.62840	D33:	24.00000	N17: 1.50841
	R34:	205.54691	S 2:	88.74807	

次に上記説明した投影露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0066】図5は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等）の製造のフローチャートである。

【0067】本実施例においてステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0068】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0069】次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封

入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0070】図6は上記ステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。まずステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0071】ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらの

ステップを繰り返し行うことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0072】本実施例の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度のデバイスを容易に製造することができる。

【0073】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、レチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影する際、日常の気圧変動や設置場所の大気圧に対応する光学性能の変動を、適切に設定した気圧測定手段や調整機構を用いることにより良好に補正し、高い光学性能が容易に得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0074】特に本発明によれば、

(イ) 投影光学系の周囲の気圧を測定して、その気圧変化量に基づいて照明系からの光束の発振波長を変化させることにより、第1物体に描かれたパターンの投影光学系によるパターン像のフォーカス位置、投影倍率、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲と歪曲収差を正確に調整することができる。

【0075】(ロ) 投影光学系において日常の気圧変化や設置場所の標高差により気圧が変化してパターン像の像性能が悪化するような場合においてもパターン像のフォーカス位置誤差、投影倍率誤差、球面収差誤差、コマ収差誤差、非点収差誤差、像面湾曲誤差と歪曲収差誤差を良好に補正することができる。

【0076】(ハ) 集積回路の製造工程ではウエハ上に各々プロセスに対応した電子回路パターンが形成されているレチクルを数多く重ねて投影露光するが、各プロセスで発生する倍率の誤差や、各プロセス間で異なった装置を用いた場合に発生する装置間の投影倍率誤差を調整機構により補正することでレチクルとウエハを重ね合わせる際のマッチング精度を良好に保つことができる。等の効果を有した投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投影露光装置の実施例1の要部概略図

【図2】図1のレーザー光源の説明図

【図3】図1の投影レンズのレンズ断面図

【図4】本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図

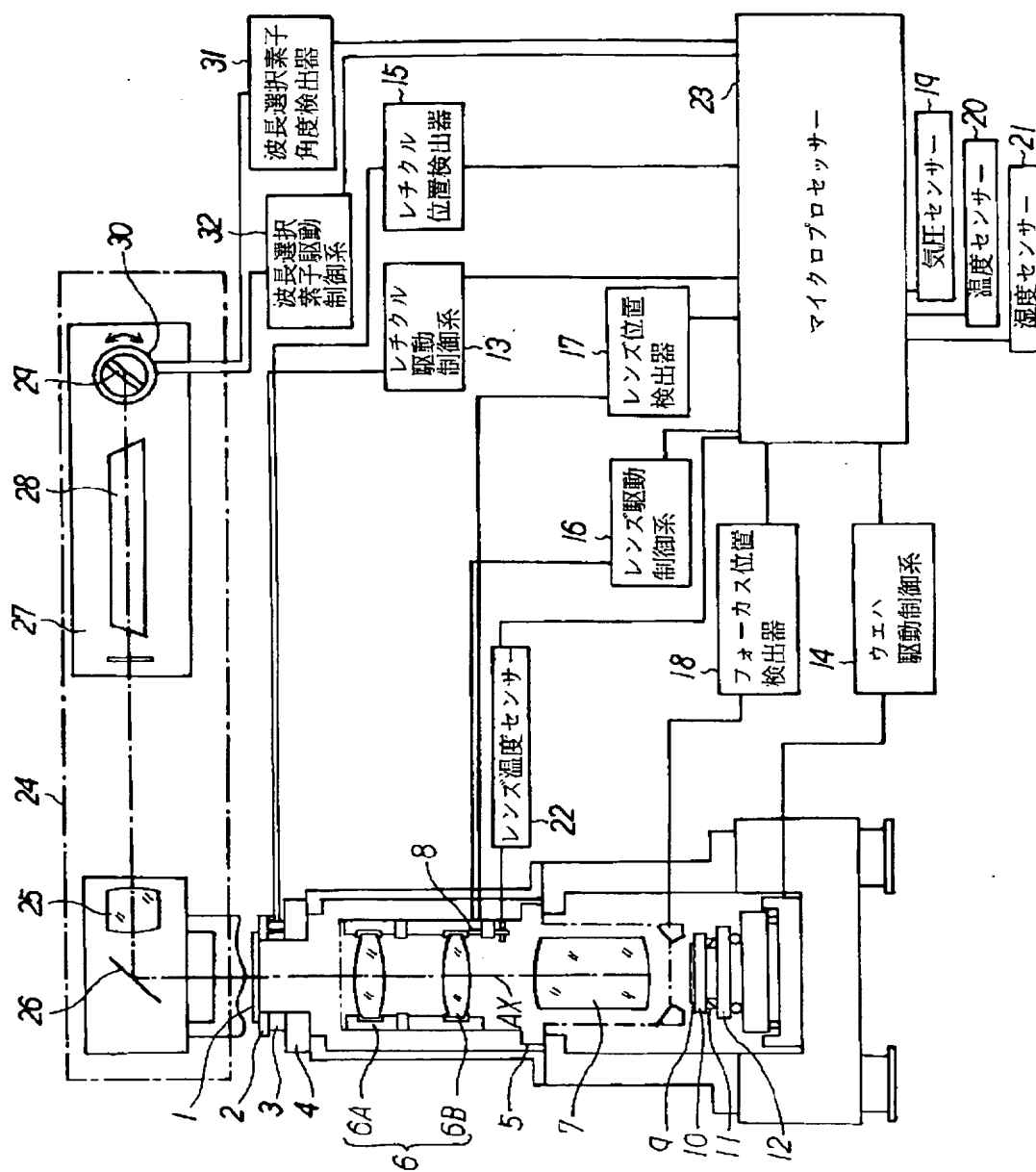
【図5】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図6】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

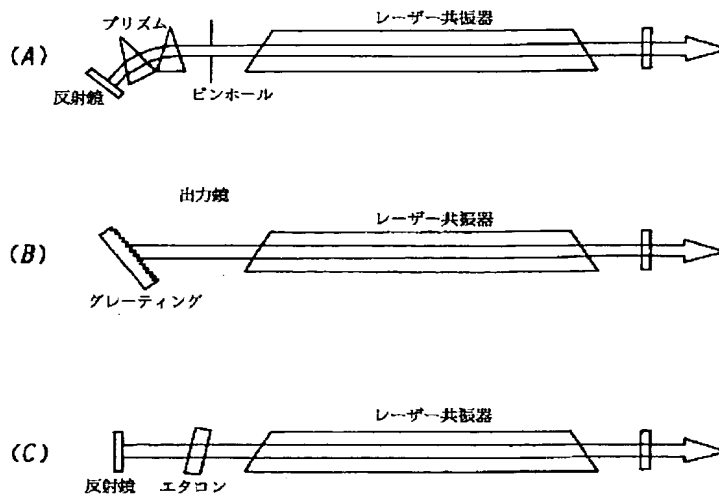
【符号の説明】

- |          |             |
|----------|-------------|
| 1        | レチクル        |
| 2        | レチクルチャック    |
| 3        | レチクル駆動装置    |
| 4        | レチクルステージ    |
| 5        | 投影レンズ系      |
| 6 A, 6 B | フィールドレンズ    |
| 7        | レンズ系        |
| 8        | レンズ駆動装置     |
| 9        | ウエハ         |
| 10       | ウエハチャック     |
| 11       | ウエハ駆動装置     |
| 12       | ウエハステージ     |
| 13       | レチクル駆動制御系   |
| 14       | ウエハ駆動制御系    |
| 15       | レチクル位置検出器   |
| 16       | レンズ駆動制御系    |
| 17       | レンズ位置検出器    |
| 18       | フォーカス位置検出器  |
| 19       | 気圧センサー      |
| 20       | 温度センサー      |
| 21       | 湿度センサー      |
| 22       | レンズ温度センサー   |
| 23       | マイクロプロセッサ   |
| 24       | 照明系         |
| 25       | コンデンサーレンズ   |
| 26       | ミラー         |
| 27       | レーザー光源      |
| 28       | レーザー共振器     |
| 29       | 波長選択素子      |
| 30       | 波長選択素子駆動装置  |
| 31       | 波長選択素子角度検出器 |
| 32       | 波長選択素子駆動制御系 |

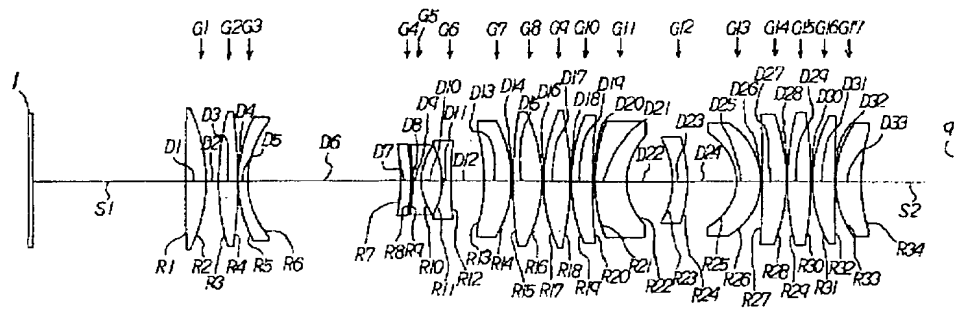
【図1】



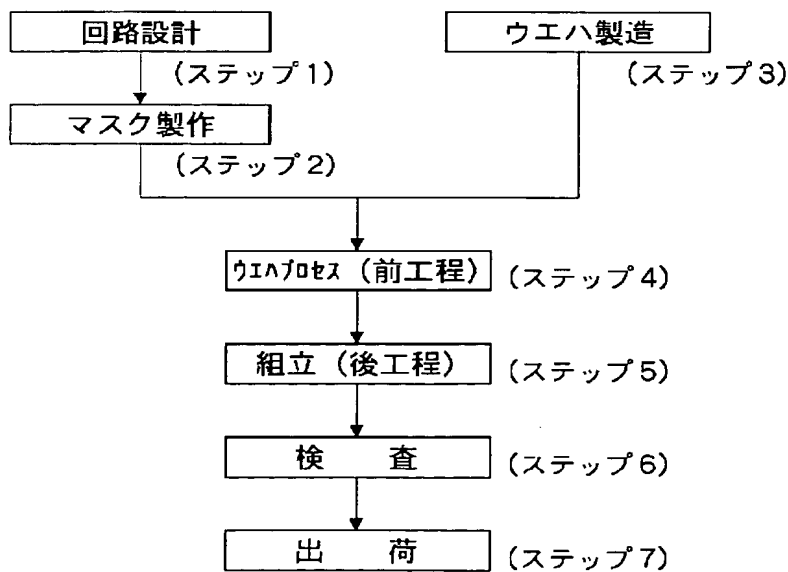
【図 2】



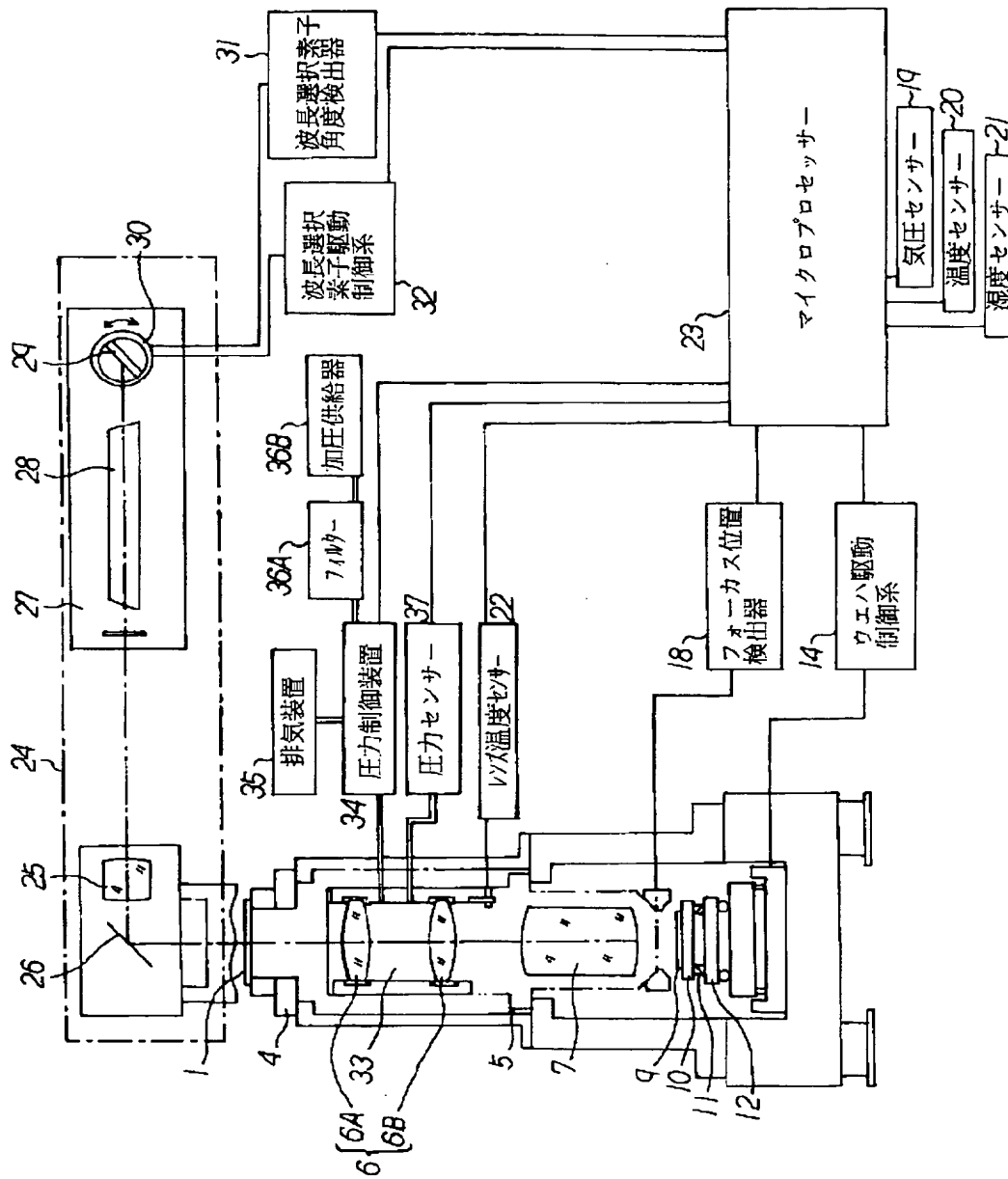
【図 3】



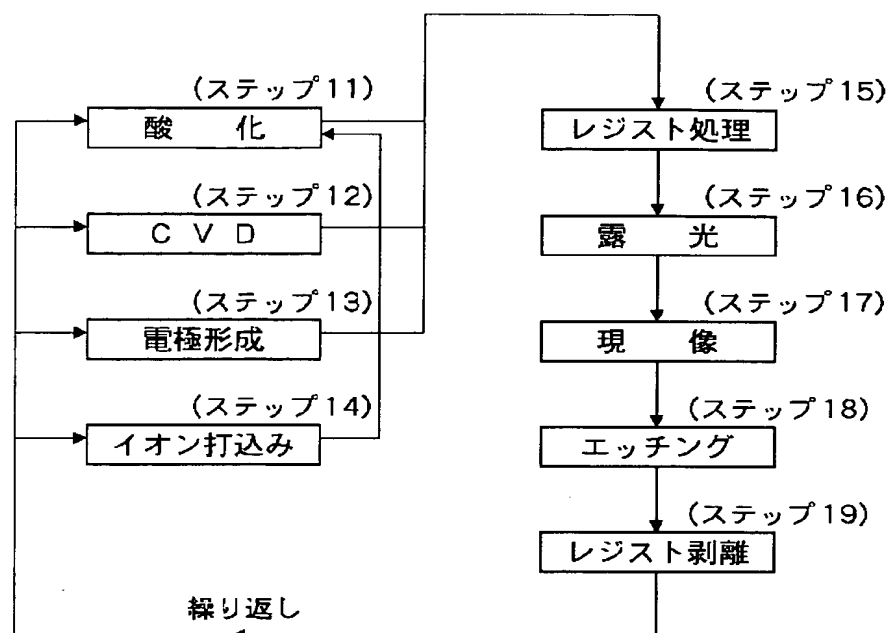
【図 5】



【図4】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 1 6 Z

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 2 区分

【発行日】平成 13 年 1 月 26 日 (2001. 1. 26)

【公開番号】特開平 8-305034

【公開日】平成 8 年 11 月 22 日 (1996. 11. 22)

【年通号数】公開特許公報 8-3051

【出願番号】特願平 7-135894

【国際特許分類第 7 版】

G03F 7/20 521

7/207

H01L 21/027

【F I】

G03F 7/20 521

7/207 H

H01L 21/30 502 G

516 A

516 F

516 Z

【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 11 月 30 日 (1999. 11. 30)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 物体のパターンを投影光学系により第 2 物体上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する検出手段と前記気圧の変化による前記投影光学系の硝材の相対屈折率の変化を補正するように前記第 1 物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える手段とを有する構成と、前記第 1 物体のパターンを投影する時の投影倍率を、前記構成とは独立に調整する倍率調整手段と、を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記倍率調整手段は、前記投影光学系の少なくとも一つのレンズを光軸方向に移動させるか又は、及び前記投影光学系と前記第 1 物体とを相対的に光軸方向に移動させる機構を備えることを特徴とする請求項 1 の投影露光装置。

【請求項 3】 前記投影光学系のレンズ間の少なくとも一つの空間が外気から遮断されており、前記倍率調整手段は、前記空間内の気体の圧力又は、及び前記空間内の気体の成分を調整する機構を備えることを特徴とする請求項 1 の投影露光装置。

【請求項 4】 前記投影光学系は単一の硝材より成るレ

ンズ系を有していることを特徴とする請求項 1 の投影露光装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至請求項 4 の何れかの投影露光装置を用いてレチクルのデバイスのパターンを基板上に転写する段階を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の発明の投影露光装置は、第 1 物体のパターンを投影光学系により第 2 物体上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する検出手段と前記気圧の変化による前記投影光学系の硝材の相対屈折率の変化を補正するように前記第 1 物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える手段とを有する構成と、前記第 1 物体のパターンを投影する時の投影倍率を、前記構成とは独立に調整する倍率調整手段と、を有することを特徴としている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】請求項 2 の発明は請求項 1 の発明において、前記倍率調整手段は、前記投影光学系の少なくとも

一つのレンズを光軸方向に移動させるか又は／及び前記投影光学系と前記第 1 物体とを相対的に光軸方向に移動させる機構を備えることを特徴としている。請求項 3 の発明は請求項 1 の発明において、前記投影光学系のレンズ間の少なくとも一つの空間が外気から遮断されており、前記倍率調整手段は、前記空間内の気体の圧力又は／及び前記空間内の気体の成分を調整する機構を備えることを特徴としている。請求項 4 の発明は請求項 1 の発明において、前記投影光学系は単一の硝材より成るレンズ系を有していることを特徴としている。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】請求項 5 の発明のデバイスの製造方法は、請求項 1 乃至請求項 4 の何れかの投影露光装置を用いて、レチクルのデバイスのパターンを基板上に転写する段階を含むことを特徴としている。